Über die Verjauchung todter, organischer Stoffe.

Von Prof. Dr. **Th. Hartig**,

Forstrath in Braunschweig.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. April 1870.)

Die Forschung nach den Ursachen der Verbreitung ansteckender Krankheiten sowohl, wie das Studium der, die Gährung, Verwesung, Fäulniß in der Regel begleitenden lebenden Organismen, haben in neuerer Zeit einen Anhalt zu finden geglaubt in dem Vorkommen belebter Keime von Infusorien oder Pilzen in der atmosphärischen Luft, deren Zutritt zu keimfreien Infusionen hier nothwendig erachtet wird, als Ursache der Fortspflanzung ansteckender Krankheiten sowohl, wie von Gährungserscheinungen. Das Schrader-Dusch-Pasteur'sche Fundamental-Experiment wurde als beweiskräftig für diese Ansicht angenommen, ohne danach zu forschen: ob die Atmosphäre überall, zu jeder Zeit, und so viele Pilzkeime enthält, als die Unfehlbarkeit infusorieller Belebung keimfreier Infusionen bedingen würde.

Auf die Fragen: wie diese Luftbewohner beschaffen, ob sie gleicher oder verschiedener Art und Bildung sind: wie groß deren Zahl ist in verschiedenen Oertlichkeiten, Luftschichten, Jahres- und Tageszeiten innerhalb gemessener Raumgrößen, wie sie sich verhalten zum Thau und zum Regentropfen, zum Reif und zur Schneeflocke, fehlt zur Zeit noch jeder sichere Nachweis, ebenso wie über die Vermehrungs- und Fortentwicklungs-Geschwindigkeit derselben, mit Ausschluß der Angabe: daß diese eine „ungeheuer rasche“ sei.

Wie andere, weit größere und schwerere Körper, wie Blumenstaub und Pflanzenmoder, Stärkekörner und Gesteinstheile, so können auch Pilzkeime mit dem aufsteigenden Luftstrome emporgehoben und dadurch zufällig Bestandtheile der atmosphärischen Luft und den Wolken werden; die condensirte Feuchtigkeit der Luft aus Kranken-

sälen kann Gährungsorganismen enthalten [1]); es beweist das Nichts gegenüber der Unfehlbarkeit infusorieller Belebung keimfreier Infusionen auch da, wo die hinzutretende Luft keine Spur von keimähnlichen Körpern enthält. Blumenstaub von Canna, frisch den noch nicht geöffneten Antheren entnommen, bedeckt sich schon nach 8—10 Stunden mit riesigen Leptothrixfäden selbst unter Deckglas von 4 Centimeter Seitenlänge im abgesperrten Feuchtraume einer Zimmerluft, von welcher mehr als tausend Liter nicht eine Spur keimähnlicher Körper in der Vorlage des Aspirators zurücklassen. Eine Infusion auf gekochtes Klebermehl der Paranuß wimmelt schon nach 12 Stunden von zahllosen Bacterien und Vibrionen, der Blumenstaub von Zea, Secale und Pinus erzeugt unzählbare Myxomyceten; Stärkemehl-Kleister belebt sich unfehlbar in 3—4 Tagen, während daneben ausgelegte, oder am Pendel einer Wanduhr befestigte, mit Oel oder Glycerin befeuchtete Glastafeln in viel längerer Zeit nichts einem Pilzkeime Ähnliches erkennen lassen.

Ohne Zweifel werden Pilzkeime, wenn sie einer keimfreien Infusion aus der Luft zugehen, sich in Ersterer ausbilden und fortpflanzen. Ich bestreite auch keineswegs die Möglichkeit einer Übertragung von Krankheitsstoffen, die Fortpflanzung von Gährungszuständen auf diesem Wege. Der Unfehlbarkeit infusorieller Belebung gegenüber ist aber das zufällige und beschränkte Vorkommen der Keime in der Luft kein Beweis für die Abhängigkeit der Belebung vom Zutritt vorgebildeter Keime, am allerwenigsten da, wo der Einwanderung mechanische Hindernisse in der Härte einer Oberhaut etc. entgegentreten. Die behauptete aber nicht nachgewiesene Pholadennatur jener Keime halte ich für eine unbegründete Hilfs-Hypothese, das Einwanderungsvermögen beschränkt auf Fadenpilze, die als solche der Beobachtung sich nicht entziehen können, da sie durch sich selbst den Weg der Einwanderung fortdauernd bezeichnen.

Das Schrader'sche Fundamental-Experiment wurde als beweiskräftig angenommen in Bezug auf die Nothwendigkeit des Zutritts äußerer Pilzkeime zu pilzfreien Infusionen, ohne zu untersuchen, ob nicht andere Ursachen dem Verhalten organischer Stoffe in der

[1]) Die am Fenster verdichteten und gefrorenen, einem Abort entstiegenen Dämpfe enthielten mitten im Winter nicht unbedeutende Mengen von Pilzkeimen.

Conserve-Büchse zu Grunde liegen können. Wie im Saattopfe reichliche Entwicklung von Kohlensäure und Verdrängung der atmosphärischen Luft durch diese den Keimungsproceß verhindert (s. den Anhang zu meinem Forstl. Conversat. Lexicon. 2. Aufl. 1835. S. 999), so kann auch in der Infusionsflasche Verdrängung der atmosphärischen Luft durch Gährungsgase infusorielle Belebung hindern; es kann dies Folge sein einer Verhinderung oder Verminderung der Verdunstung bis zu einem, den Stoffwechsel und mit diesem die erste Bedingung jeder Lebensthätigkeit aufhebenden Grade.

Daß die Pilzkeime der Luft ungeheure, die Siedhitze des Wassers weit übersteigende Wärmegrade ertragen können ohne getödtet zu werden, ist eine Annahme, der ich auf's entschiedenste entgegentreten muß, so weit sichtbare Keime eine Prüfung in dieser Richtung möglich machen. Allerdings beleben sich durch Hitze getödtete Hefepilze oder Pilzsporen als Infusum behandelt von Neuem, aber nie durch Fortbildung ihrer selbst, sondern wie jeder andere getödtete und infundirte organische Stoff, nach eingetretenem Zerfallen desselben in seine molecularen Elemente.

Eben so wenig bestätigt sich die „ungeheure Vermehrungsgeschwindigkeit" der Gährungsorganismen, wenn man den Zeitraum der Entwicklung einer Spore zum sporentragenden oder Gonidien bildenden Pilze, wenn man den Zeitraum zwischen je zweien Selbsttheilungen eines und desselben Micrococcus oder Bacterium in die Berechnung aufnimmt; sie bestätigt sich nicht in dem Grade, daß sie die Gleichzeitigkeit des Auftretens unzählbarer Mengen infusorieller Organismen im kleinsten Tropfen infundirter Substanz zu erklären vermag.

Unreifes Sperma, im Winter den Fischen entnommen, zeigt diese Gleichzeitigkeit des Auftretens unmittelbar. In Wasser zerdrückt, bildet das Sperma mit diesem eine milchige Flüssigkeit durch Erfüllung mit, bei *Salmo Eperlanus* $^1/_{500}$ Millimeter im Durchmesser großen, gleichgebildeten, dunkel contourirten Kügelchen ohne Anhänge, die sich 24—30 Stunden lang im Wasser suspendirt erhalten, dann aber zu Boden sinken, daher mehr als Fettkügelchen sind. Anfänglich zeigen alle diese Kügelchen nur die gewöhnliche Molecularbewegung. Erst nach 24—36 Stunden tritt eine Veränderung darin hervor, daß Einzelne

der, übrigens unveränderten Kügelchen in verschiedener Richtung, gradlinig um das 50—100fache ihres Körperdurchmessers zwischen den Übrigen sich stoßweise fortbewegen, letztere rechts und links zur Seite schleudernd. Gleichzeitig zeigt sich eine Rotirung der Kügelchen zu mehr oder minder zahlreichen Gruppen, die sich im Tropfen der Objectplatte zu Boden senken, dort verblassen und Rasen bilden, deren Zusammensetzungstheile bedeutend geringere als die ursprüngliche Größe besitzen. Von diesen Rasen lösen sich darauf selbstthätig bewegte Micrococcus ab, die schon nach 48 Stunden zu Bacterium, nach 60 Stunden zu Vibrio sich umgebildet haben.

Frische, unverletzte Hühnereier, in einem Glase unter frisch destillirtem Wasser im Vacuum der Luftpumpe ihres Luftgehaltes beraubt, der, bei wiederhergestelltem atmosphärischem Druck durch das umgebende Wasser ersetzt wird, enthalten schon nach wenigen Tagen unzählbare Mengen der kleinsten Micrococcus und Bakterien. Um sich hiervon zu überzeugen hat man nur nöthig die dem Wasser entnommenen Eier abzutrocknen, und einseitig in der hohlen Hand zu erwärmen. Wahrscheinlich unter Mitwirkung im Innern der unverletzten Eier gebildeter Gährungsgase treten dann Flüssigkeitstropfen durch die Poren der Eischale auf die freie Oberfläche derselben, in denen das Mikroskop unzählbare Mengen der kleinsten Gährungsorganismen zu erkennen gibt (s. meine Berichtigung der Angaben von M. Donné in De Bary bot. Ztg. 1869).

Es muß, neben der Fortpflanzung durch Eier, Sporen, Sproßen oder Theilung vorgebildeter Mutterkörper noch eine zweite Art der Entstehung infusorieller Wesen geben.

Unger (Exantheme 1833, S. 3, 159—163; Grundlinien 1866, S. 35); Meyen (Pathologie 1841, S. 127, 128, 131—133); Schleiden (Grundzüge 1843, Bd. II, S. 510); v. Mohl (Grundzüge 1857, S. 60); Trecul (Comptes rendus 1868, Nr. 8, 24); ich glaube auch Schacht (der Baum 1860, S. 37, wo er von freier Zellenbildung, S. 314, wo er von Entstehung der Kartoffelkrankheit durch „Erkältung der Blätter“ spricht); leiten diese zweite Art der Entstehung ab aus der Zersetzung organischer Flüssigkeiten; Karsten (die Urzeugung. Bot. Zeitung 1848. Chemismus der Pflanzenzelle Braumüller 1869, S. 3, 24) beschränkt sie auf krankhafte Umbildung lebender Zellenanfänge und Bläschen des Zelleninhalts von Pflanzen- und Thiergeweben.

In einer Dissertation: de Nyctomycetum vegetatione (deutsch unter dem Titel: über Verwandlung der Holzfaser in Pilzbildungen. Berlin 1833, Lüderitz), zeigte ich, daß der Roth- und Weißfäule im Kerne äußerlich unverletzter und gesunder Nadelholzbäume ein örtlich beschränktes Zerfallen der Holzfaserwandung in deren moleculare Elemente vorhergehe, daß diese Letzteren es seien, die sich, einer Wiederbelebung fähig, schließlich zu Fadenpilzen entwickeln [1]).

Von den gleichzeitig veröffentlichten Beobachtungen Unger's (Exantheme) waren die eigenen darin verschieden, daß ich den Ursprung der Pilze nicht auf einen Gestaltungsproceß extravasirter Pflanzensäfte, sondern auf die molecularen Elemente abgestorbener, und in Folge dessen zerfallender, fester Pflanzenstoffe zurückführte, auf die kleinsten Zusammensetzungstheile derselben, die aber immerhin noch als organisirt betrachtet werden können.

Seitdem habe ich bei meinen mikroskopischen Arbeiten den Gegenstand stets im Auge behalten und fortdauernd Bestätigung meiner ursprünglichen Ansicht gefunden, in neuerer Zeit auch in Bezug auf Gährungserscheinungen [2]). Auch bei diesen ist das Zerfallen todter organischer Substanzen unter Einfluß von Feuchtigkeit, Wärme und atmosphärischer Luft ein durchaus selbstständiger, von der Mitwirkung vorgebildeter Pilzkeime durchaus unabhängiger Vorgang, und diese molecularen Elemente, richtiger die Centralkörper derselben sind es, die selbst nach anhaltendem Kochen sich wieder beleben und unter entsprechenden äußeren Einflüssen stets

---

[1]) Nachtfasern nannte ich die hierher gehörenden Pilzformen (*N. fuscus*: Weißfäule; *N. candidus*: Rothfäule: *N. utilis*: verborgener Astzunder; *N. Pictor*: Wasserfäule der Rothbuche) weil sie stets nur im lichtfreien Kernholze älterer Baumhölzer vorkommen, nie in die lebensthätigen Splintschichten hineinwachsen. Wenn De Bary in neuerer Zeit Pilzfasern auch im unzweifelhaft lebensthätigen Holze gefunden hat, so möchte ich die Frage stellen: Ob solches der Fall gewesen ist unmittelbar nach Einsammlung des untersuchten Materials, oder erst, wenn auch nur wenige Tage später, nach möglicherweise bereits eingetretener Säftestockung?

[2]) Meine neueren Arbeiten hierüber sind veröffentlicht in:

Nobbe, landwirthschaftliche Versuchsstationen 1868—1870. Hier auch eine Erwiderung von Hallier (1868) und die Antwort darauf (1870).

De Bary bot. Zeitung 1868—1869.

Nördlinger Krit. Blätter für Forst- und Jagdwissensch. 1868.

durch Micrococcus, zu Bacterium, Vibrio, Oscillatoria, oder zu Leptothrix, oder zu Myxomyceten, in anderen Fällen zu Cryptococcus, Hormiscium, zu Fadenpilzen oder zu thierischen Monaden sich umbilden.

Es sind Schleiden (Grundzüge. Bd. I, 1845, Taf. 1, Fig. 10), Turpin (s. das Referat von Trecul, Comptes rendus 1868, S. 477), Bechamp und Estor (ebendaselbst 1868, S. 859) die seitdem zu gleichen Resultaten ihrer, demselben Gegenstande zugewendeten Untersuchungen gelangten.

Den Einwendungen Hallier's gegenüber, veröffentlicht in Nobbe, landwirthsch. Versuchstationen 1868, Nr. 254, habe ich den Beweis zu führen:

1. Daß auch in keimfreien Infusionen der infundirte organische Stoff unter Abschluß äußerer Luft in seine molecularen Elemente zerfällt.

2. Daß die Centralkörper dieser Elemente es sind, welche sich zu Gährungsorganismen beleben.

Ad 1. Versuch *a*. Wenn man Digerirflaschen zur Hälfte mit frisch gekochten und geschälten Kartoffelstücken anfüllt, die Flaschen mit etwas Grundwasser im staubfreien Raume bei 25—30 Grad Wärme aufbewahrt, dann zeigen die oberen Kartoffelstücke schon nach wenigen Tagen eine schleimig glänzende Außenfläche, deren Farbe sich bald in ein lichtes Gelb, endlich in Scherbengelb verändert, worauf die Oberschicht in Runzeln von den noch unzersetzten Schichten der Kartoffelstücke sich abhebt. Ich nenne dies den Zustand der Verjauchung.

Die sich bildende Jaucheschicht besteht anfänglich allein aus unzählbaren Mengen gleich großer, kuglicher Körper von $^1/_{1000}$ Millimeter im Durchmesser.

In dichter Jauche sind diese Körper völlig bewegungslos, bei Zusatz von Wasser zeigen sie nur die gewöhnliche Molecularbewegung. Anhaltendes Kochen, Zusatz von Speichelflüssigkeit, Diastase, Alkalien und schwache Säuren, Kupferoxyd-Ammoniak [1]) verändern

---

[1]) Dies Reagens, dessen Prüfung auf Baumwollefaser eine rasche Lösung ergab, läßt unvollständig expandirte Kartoffelstärke ungelöst. In Reagensgläsern unter Glasstülpe aufbewahrt, färben sich nach 2—3 Wochen viele Mehlkörner braun. In dem Maaße, als dies der Fall ist, tritt die körnige Structur nicht allein eines Innenschlauchs (Fig. 1 *a*), sondern auch der Mehlwandung deutlicher hervor.

die Körner weder in deren Größe und Form, noch in der Structur, die, so weit die mir zu Gebote stehenden Vergrößerungen reichen, eine durch und durch dichte zu sein scheint.

Wässerige Jodlösung oder Jod-Glycerin färben die Jauchekörner nicht.

Den Ursprung der Jauchekörner erkennt man leicht und sicher, wenn man Kartoffelstücke mit verjauchter Außenfläche bei gelinder Wärme rasch austrocknen läßt. Möglichst dünne Schnitte aus solchen Stücken zeigen dann von Außen nach Innen alle Übergangsstufen des Zerfallens, nicht allein der Mehlkörner, sondern auch der Zellwände in deren moleculare Elemente [1]), jedes derselben bestehend aus einem kuglichen, zunächst von einem lichten Hofe umgebenen Centralkörper, der seinerseits sich begrenzt zeigt von einer trüberen Hüllschicht, die mit den Hüllschichten aller benachbarten Elemente zu confluiren scheint. Wenigstens vermag ich eine Grenzlinie zwischen den benachbarten Hüllschichten nicht zu erkennen, vermuthe aber, daß, wie im Zellkerne und im werdenden Pollen [2]) eine solche dennoch vorhanden ist, da in seltneren Fällen die Hüllschicht gekörnelt erscheint.

Wässerige Jodlösung färbt die Hüllschicht unverkennbar blau. Durch die im Verjauchungproceß eintretende Lösung Letzterer werden die Centralkörper der Elemente frei, und diese allein sind es, die als Jauchekörner fortdauern.

Übergießt man die in Digerirflaschen verjauchten Kartoffelstücke reichlich mit destillirtem Wasser, dann lassen sich die Jauchekörner abschlämmen und durch ein Seihtuch von feinem Battist von den noch nicht zersetzten Mehlkörnern und Zellwänden trennen. Die Jauchekörner gehen zwar auch durch ein Filter von Fließpapier, aber nicht in genügender Zahl zur Gewinnung größerer Jauchemengen, die, nach wiederholtem, mehrstündigem Kochen, durch Alkohol niedergeschlagen, im Wasserbade getrocknet und aufbewahrt werden können.

Das getrocknete Jauchepräparat, in einigen Tropfen destillirtem Wasser wieder aufgelöst, zeigt die unveränderten Jauchekörner. Auf der Objectplatte mit, bei 60° C. expandirtem Stärkemehl der

---

[1]) S. die beigegebene Abbildung Fig. 1 *a*.

[2]) Karsten. Bot. Untersuchungen 1866. Taf. XVIII Fig. 2 *d*, *f*.

Kartoffel gemengt und im unversperrten Feuchtraume aufbewahrt, löst die Jauche, wie Speichelflüssigkeit oder Diastase, das Mehl schon in 8—10 Stunden, ohne eine Umbildung seiner selbst in Gährungsorganismen zu erleiden, die in der Regel erst nach eben so vielen Tagen eintritt.

Versuch *b*. Beiderseits offene Glasröhren von 1 Centimeter Weite, mit Cylindern aus frisch gekochten Kartoffeln beschickt, die in die Mitte der Glasröhren vermittelst einer Rolle von Oelpapier eingebracht wurden, damit die Wände der Glasröhre frei bleiben von sich lösenden Kartoffelzellen, zeigen dieselben Verjauchungserscheinungen an dem eingebrachten Kartoffelstücke wie die Kartoffelstücke der Digerirflasche, auch wenn die beiden Enden der Glasröhre durch, nach Hallier's Vorschrift „desinficirte" Baumwollpfropfen verschlossen, die Röhren darauf bis 100° erhitzt wurden.

In den beiden vorgenannten Fällen mengen sich die Jauchekörner sehr häufig mit selbstthätig bewegten Micrococcus, Bacterium, Vibrio, und ist dies wohl die Ursache, wenn von den Mycologen der Unterschied zwischen Jauchekörnchen und Micrococcus nicht erkannt wurde, der in der That nur in der selbstthätigen Bewegung Letzterer besteht, wohin ich jede Bewegung zähle, die am verdunstenden Wassertropfen der Objecttafel vom Tropfenrande aus nach dem Innern der Wasserfläche hin gerichtet ist.

Der Verschluß durch zwei gegenüber stehende Wattepfropfen wirkt daher in entgegengesetzter Weise wie der einseitige Verschluß im Schrader - Dusch - Pasteur'schen Fundamental-Experiment, wahrscheinlich durch regeren Luftwechsel, Ableitung der Gährungsgase und Förderung der Verdunstung, die ihrerseits nothwendige Bedingung des Stoffwechsels und somit jeder vitalen Thätigkeit ist.

Übrigens verhindert der einseitige Verschluß der Digerirflaschen keineswegs in allen Fällen die Belebung des Infusum. Unter einer größeren Zahl in ganz gleicher Weise beschickter und geschützter Digerirflaschen ist es allerdings meist die Mehrzahl, in denen das Infusum sich jahrelang unverändert erhält; unter 10—12 Flaschen werden sich aber stets einige finden, in denen Verjauchung, andere, in denen Verjauchung und Pilzbildung wie unter freiem Zutritt äußerer Luft stattfindet. Man hat die Thatsache mit der Annahme zu erklären gesucht, daß es Mängel im Verschluß

der Flaschen durch Baumwolle, nicht genügende oder nicht hinreichend lange dauernde Erhitzung des Infusum [1]) sein können, die solche Ausnahmen zur Folge haben. So lange diese Behauptungen auf nicht erwiesenen Annahmen fußen, kann man mit demselben Rechte behaupten, daß es, abgesehen vom Abschlusse äußerer Pilzkeime, noch viele andere Ursachen geben könne, welche im abgeschlossenen Raume die Verjauchung und Pilzbildung verhindern.

Bei den unter *b* und *a* aufgeführten Versuchen ist die Verjauchung stets verbunden mit dem fast gleichzeitigen Auftreten von Gährungsorganismen. Es ist dies nicht der Fall, die Veränderung des Infusum, selbst binnen Jahresfrist, beschränkt sich auf Verjauchung in nachfolgenden Fällen.

Versuch *c*. Kochröhren von 15—16 Centimeter Länge und abnehmender Weite, so genau gearbeitet, daß 7—8 einen Satz bildende Röhren fast luftdicht in einander passen, erhält man jetzt in jeder größeren Glashandlung. Entnimmt man einem sorgfältig ausgewählten Satze solcher Röhren den oben umgebogenen Rand vermittelst Feile und Sprengkohle, beschickt man die innerste, engste Röhre mit Cylindern aus frisch gekochten Kartoffeln, den Boden aller übrigen Röhren mit einer Lage, nach Hallier's Vorschrift desinficirter Baumwolle, steckt man die Röhren so ineinander, daß jede weitere Röhre der nächst engeren zur Stülpe dient, drückt man den Rand aller Röhren fest in die Baumwollschicht der nächst weiteren Röhre, dann kann man den Apparat, die Mündung der innersten und

---

[1]) Hefepilze und Pilzsporen werden durch Erhitzung auf 80° C. unfehlbar getödtet. In einer von Bakterien und Vibrionen wimmelnden Paranuß-Infusion hörte nach Erwärmung auf 60° jede selbstthätige Bewegung auf. Allerdings beleben sich Infusionen mit durch Erhitzung getödteten Gährungsorganismen von Neuem, aber nie durch Wiedererweckung und Fortpflanzung aus Letzteren, sondern, wie in jedem anderen keimfreien Infusum, aus deren molecularen Elementen. Auch vermag ich nicht zu bestätigen: daß Gährungspilze ohne getödtet zu werden im geschlossenen Glasraume „ungeheure, die Siedhitze weit übersteigende Wärmegrade" vertragen können, worunter doch nur verstanden sein kann, daß der Luft des geschlossenen Raumes die umgebende Wärme sich in geringerem Maaße mittheilt als der Luft unter atmosphärischem Drucke. Schwefel in Glasröhren eingeschmolzen, schmilzt im Chlorcalcium-Bade bei 118° C., in freier Luft bei 109°. Es ist dies ein Unterschied, nicht genügend groß zur Bestätigung obiger Behauptung.

äußersten Röhre nach oben gekehrt, im Wasserbade beliebig lange Zeit der Siedhitze des Wassers aussetzen, ohne den Kartoffelstücken zu viel Feuchtigkeit zu entziehen.

Nach Verlauf von 11 Monaten habe ich in solchen Apparaten vollständige Verjauchung erzielt. diese aber ohne eine Spur von Belebung durch Gährungsorganismen.

Versuch *d.* Acht Stück der bekannten, kreisrunden und platten Brannteweinflaschen, bis zu 500 Centimeter Raumgehalt, wurden, nach sorgfältiger Reinigung, jede mit ½ Kubikcentimeter flache Kartoffelscheiben beschickt, so daß die Luftmenge des Flaschenraumes ungefähr das Tausendfache der Kartoffelmenge betrug. Der Hals jeder Flasche wurde darauf mit dem Halse einer frischen, möglichst luftleeren Schweinsblase luftdicht verbunden, nachdem zuvor ein, zum Flaschenhalse gut passender Kautschukpfropf in die Blase gebracht war. Mit der Blase unter das Wasser eines Kochgeschirres versenkt, wurden die Flaschen 3 Stunden hindurch der Siedhitze ausgesetzt und mit dem im Blasenraume liegenden Pfropfen luftdicht verschlossen, nachdem im erkalteten Wasser des Kochgefäßes die expandirte Luft des Blasenraumes in den Flaschenraum zurückgetreten war.

In diesen Flaschen ist nach Jahresfrist die Verjauchung der Kartoffelscheiben vollständig eingetreten, ebenfalls ohne eine Spur von Belebung der Jauche durch Gährungsorganismen.

E. Glasröhren, mit kleinen Stücken frisch gekochter Kartoffeln beschickt, darauf an beiden Enden vor der Glasbläserlampe in Spitzen ausgezogen, von denen die eine, zur Herstellung des Gleichgewichtes äußerer und innerer Luft möglichst hoch abgebrochen und dann ohne wesentliche Erwärmung der eingeschlossenen Luft wieder zugeschmolzen wird, können beliebig lange Zeit der Siedhitze des Wassers oder einer gesättigten Chlorcalciumlösung unterworfen werden. Am besten sind hierzu platt ausgezogene Glasröhren, wie solche die Fabrik von M. Kranich zu Mellenbach in Thüringen liefert, da diese Glasröhren, bei geringer Glasdicke, den mikroskopischen Verfolg der Verjauchung bis zu 300maliger Linearvergrößerung gestatten.

Auch bei diesem Versuche tritt Verjauchung schon nach wenigen Wochen ein, schreitet aber langsamer vor, als in den vorbeschriebenen Apparaten. Über Gestaltungserscheinungen, hindeu-

tend auf Neigung der organischen Substanz zu krystallinischen Formen, behalte ich mir weitere Mittheilungen vor.

Die Selbstständigkeit des Zerfallens infundirter organischer Stoffe in deren moleculare Elemente nach deren Ableben und ohne Mitwirkung vorgebildeter lebender Keime, scheint mir durch die unter *c*, *d*, *e* aufgeführten Versuche außer Zweifel gestellt.

Da nun die hierbei gewonnenen Jauchekörner in ihrem optischen sowohl, wie in ihrem chemischen Verhalten auf das Genaueste übereinstimmen mit denjenigen, welche die Versuche unter *a* und *b* liefern, so dürfte wohl anzunehmen sein, daß auch bei Letzteren die Verjauchung ohne die Nothwendigkeit des Zutrittes vorgebildeter lebender Pilzkeime erfolgte.

Die Verjauchung ist ein selbstständiges, dem todten organischen Stoff zuständiges Naturgesetz, zur Beschleunigung und Förderung der chemischen Zersetzung und des Kreislaufs zwischen organischem und anorganischem Stoff, in die Erscheinung tretend durch chemische Umbildung und Lösung des die Elemente des lebenden Körpers verbindenden Stoffes.

Ad 2. Wenn man Stärkemehl der Kartoffel, gleichviel, ob es erkauft oder so eben durch Auswaschen aus Scheiben gesunder Kartoffeln gewonnen ist, in einer Digerirflasche unter beständigem Schütteln mit der 15—20fachen Menge destillirten Wassers im Wasserbade auf 60—65° C. erhitzt, dann zeigen die durch die Wärme expandirten Mehlkörner, in einer sackförmigen Erweiterung der deutlich geschichteten Mehlwandung, nur hier und da eine sackförmige Auskleidung des Wandungsraumes, die aber, durch Behandlung mit wasserfreiem Alkohol, überall sofort erkennbar wird durch ihre granulirte, von der der Wandungslamellen wesentlich unterschiedene Structur, die daher jedenfalls eine normale Bildung ist. In dem, durch Schlämmen von den nicht expandirten Mehlkörnern gereinigten Decoct, wenn er infundirt einige Tage aufbewahrt wird, tritt der granulirte Innenschlauch ohne Weiteres deutlich hervor, zeigt sich häufig von der inneren Wandungsgrenze mehr oder weniger zurückgezogen, wie solches die beigegebene Fig. 1 darstellt, und gleicht überhaupt in Vielem dem Innenschlauch der Zellen (Ptychodeschlauch, Primordialschlauch).

In vielleicht mehr als der Hälfte aller unvollkommen expandirten Mehlkörner zeigt sich der Bau nicht so einfach, wie ihn die Abbildung

Fig. 1 darstellt. Die Lamellen der Wandschichten sind in zwei Complexe gespalten, von denen nur der äußere, dünnere, nierenförmig nach Innen eingefaltet ist (Fig. 2), wodurch der innere Schichtencomplex, wie eine zur Kappe geformte, dickwandige Blase zusammengelegt, über den inneren, tief einschneidenden Rand der äußeren Einfaltung gelagert ist und dadurch in der Aufsicht das Ansehen eines rosenkranzähnlichen, gegliederten Stranges erhält, dessen Enden, unfern von einander, zu beiden Seiten des Beginnes der äußeren Einfaltung liegen. Die Glieder des inneren Stranges communiciren unter einander und sind durch den gemeinschaftlichen, wie der Gliederstrang U-förmig gekrümmten, granulirten Innenschlauch ausgekleidet, der in jedem Gliede des Stranges in tipfelcanalähnlichen Compressionsfalten sternförmig nach außen verläuft. Ich erwähne dieses, wie ich glaube bis daher übersehenen Baues, weil der Eingang zur äußeren Einstülpung in der Aufsicht leicht als ein, durch die Expansion in der Mehlwandung entstandener Riß gedeutet wird, wenn man den wulstigen Rand desselben übersieht.

Die verschiedene Grobkörnigkeit des inneren Schlauchbelags deutet auf verschiedene Entwicklungszustände auf dem Wege zur Bildung der neusten, jüngsten Wandungsschicht.

Wenn man, bei 60—65° expandirtem und durch Schlämmen von den, bei dieser Temperatur unverändert bleibenden Mehlkörnern befreiten Kleister einige Tropfen von dem, in destillirtem Wasser wieder aufgelösten Jauchepräparat zusetzt, nachdem die Lösung einige Stunden hindurch der Kochhitze ausgesetzt war, wenn man das Gemenge auf flache Schalen ausgießt und diese im abgesperrten staubfreien Raume u n t e r f l a c h e r W a s s e r s c h i c h t aufbewahrt, dann zeigen die molecularen Elemente des Innenschlauches meist schon am vierten Tage folgende Veränderungen.

Die Hüllschichten aller oder nur eines Theiles der Elemente des Schlauchbelags haben sich aufgelöst und die Centralkörper derselben sind dadurch frei geworden (Fig. 1 *b*). Letztere zeigen eine außerordentlich lebhafte, wimmelnde Bewegung, die, unterbrochen von Ruhe ungleicher Zeitdauer, ohne Zweifel eine selbstthätige ist, viel lebhafter als die Bewegung der freien Körnchen und selbstverständlich unabhängig von der Strömung des verdunstenden Wassers zum Tropfenrande. Ich erkenne in dieser Bewegung den, durch nichts Anderes indicirten Übergang der Centralkörper (Jauchekörner) zu

Micrococcus, der nicht selten schon vor eingetretener Lösung der Hüllschichten erkennbar wird in einem zitternden Hinundherschwanken der Centralkörper innerhalb des lichten Raumes. Die unter fortdauernd lebhafter, oft tumultuarischer Bewegung eintretende Streckung der Micrococcus-Körner zu Bacterium, die Gliederung der sich verlängernden Bacterien zu Vibrionen, wie solches die unteren Regionen der Abbildung Fig. 1 *c* und *d* andeuten, ist leicht zu verfolgen.

Es sind stets nur einige Procente der expandirten Mehlkörner, welche sich gleichzeitig durch selbstthätig bewegte Körper belebt zeigen. In der Mehrzahl der Mehlkörner erhält sich der überall gleiche Wandbelag des Schlauches, wie ihn die oberen Theile der Abbildung darstellen, wochenlang unverändert. In der Regel erst nach Verlauf von vier Wochen findet man Mehlräume, in denen Streckung und Gliederung der Centralkörper ohne jede Spur selbstthätiger Bewegung eintritt und verläuft. Die Umbildungsproducte lagern alsdann in einer gemeinschaftlichen wasserklaren Schleimmasse, die anfänglich, bis auf einen lichten Hof um jedes Körnchen, durch Jodlösung blau gefärbt wird, daher als ein veränderter Zustand der ursprünglichen Hüllschichten, und nicht als Absonderung vorgebildeter Gährungsorganismen zu betrachten ist. In diesem Falle ist die Gliederung der Stäbchen viel kürzer und reichlicher als bei den selbstthätig bewegten Vibrionen, die Glieder selbst sind ellyptisch und erinnern dadurch an Leptothrix, abgesehen von den hier häufigen Verästelungen. Von den selbstthätig bewegten, langgliedrigen Vibrionen unterscheiden sich diese stabilen Gährungspilze auch durch eine gewisse Regelmäßigkeit in der gegenseitigen Entfernung und Stellungsrichtung, so lange sie in der Bacterienform verharren, offenbar in Folge der die einzelnen Organismen trennenden schleimähnlichen Substanz.

Man muß daher unter diesen niedrigsten Gährungsorganismen eine in allen Entwicklungszuständen selbstthätig bewegte Vibrionenreihe, von der stets unbewegten Leptothrixreihe unterscheiden.

Im Winter nach Verlauf von 2—3 Wochen entsteht in dem, auf flache Schalen ausgegossenen, unter Glasglocken aufbewahrten Kleister ein Myxomycet (Fig. 3) von 0·015 Millimeter im Durchmesser. Anfänglich fast gradseitig begrenzt mit 3—5 stumpfen Ecken und bis auf letztere doppelt contourirt, nackthäutig und be-

wegungslos (Spore?), ändert sich seine Form mit eintretender Granulirung und Vacuolenbildung zur Kugel, die nur bei selbstthätiger Ortsveränderung Strahlen aussendet. Derselbe Myxomycet entsteht auch im Inneren völlig geschlossener Mehlräume, meist innerhalb des Schlauches, umschwärmt und hin und her gestoßen von den gleichzeitig gebildeten Bacterien und Vibrionen. Nur ausnahmsweise findet man Einzelne im Raume zwischen Schlauchhaut und Mehlwandung, wie ich solches Fig. 1 bei *e* angedeutet habe. In einem mir so eben vorliegenden Falle vollendete das Exemplar den Kreislauf in ungefähr einer halben Stunde unter Vacuolen-Contraction in Zwischenräumen von 30—50 Secunden.

Innerhalb des geschlossenen Mehlraumes beleben sich die Jauchekörner in allen Fällen auf gleiche Weise zu Micrococcus. Von diesem aus beobachtete ich die Fortbildung in dreifach verschiedener Weise.

1. Im Falle ursprünglich selbstthätiger Bewegung durch Bacterium zu Vibrio — nur im Freien zu Oscillatoria.

2. Im Falle ursprünglichen und fortdauernden Mangels selbstthätiger Bewegung zu Leptothrix ähnlichen aber verzweigten Pflänzchen.

3. In beiden Fällen, vielleicht durch Apposition, zu Myxomyceten.

Andere als die genannten Gährungsorganismen habe ich im geschlossenen Mehlraume bis jetzt nicht gezogen, während in der die Mehlkörner umgebenden freien Flüssigkeit häufig Cryptococcus, Arthrococcus, Hormiscium, Fadenpilze, sowie unzweifelhaft thierische Infusorien auftraten.

Auch ohne Jauchezusatz tritt die Lösung der Elemente, das Freiwerden der Jauchekörner und deren Belebung zu Gährungspilzen ein, aber erst nach 12—14 Tagen und größtentheils überholt durch eine von Außen nach Innen fortschreitende Lösung der Mehlwandung, verbunden mit dem Auftreten großer Mengen freier Gährungspilze. Da in diesem Falle die Belebungserscheinungen meist seltener und weniger energisch auftreten, räthe ich, die ersten controlirenden Versuche stets mit Jauchezusatz oder in nachfolgender Weise anzustellen.

Ein Decoct aus zerquetschtem und entfettetem Endosperm der Paranuß *(Bertholletia excelsa)* liefert aus dem im Wasser unlöslichen molecularen Rückstande schon nach 30—36 Stunden unzählige

Mengen von Bacterien und Vibrionen, wenn das Infusum in einer Temperatur von 25—30° C. aufbewahrt wird. Mengt man einige Tropfen des belebten Klebermehl-Decocts mit dem Hundertfachen eines frisch bereiteten, bei 60° expandirten Decocts von Kartoffelstärke, bewahrt man die Mengung im staubfreien Trockenraume unter flacher Wasserschicht bei 25—30° Wärme, dann findet man schon nach 10—12 Stunden ¹/₄—¹/₂ Procent der expandirten Mehlkörner belebt von großen Mengen lebhaft bewegter Vibrionen, deren für die Kürze der Zeit weit vorgeschrittener, dem der freien Vibrionen gleicher Entwicklungszustand auf Einwanderung freier Vibrionen hindeutet, bestimmter noch als solches schon der Fall ist bei gleichzeitiger Entstehung und Fortbildung eingeschlossener und freier Gährungspilze.

Eine sorgfältige Erwägung der Frage: ob die im geschlossenen Mehlraume auftretenden Gährungspilze nicht von Außen her eingewandert sind, ist daher von großer Wichtigkeit.

Abgesehen von der für mich entscheidenden Beobachtung des Entwicklungsverlaufes, der unverkennbaren Abstammung jener eingeschlossenen Gährungspilze aus den Centralkörpern des Schlauchbelags, spricht gegen die Annahme einer Einwanderung:

1. Das Verschwinden der molecularen Elemente des Schlauchs, in dem Verhältniß als Gährungsorganismen an deren Stelle treten, während in benachbarten, nicht belebten Mehlkörnern der Schlauchbelag sich unverändert erhält.

2. Nur in denjenigen Mehlkörnern, deren Wandung sich unverändert erhält, entwickeln sich Gährungsorganismen, während in den Körnern mit gelöster Wandung und isolirtem Schlauche eine Belebung des Schlauchinhalts nie stattfindet, trotz der in letzterem Falle viel leichteren Einwanderung.

3. In der Seite 13 beschriebenen Entwicklungsfolge eingeschlossener, ursprünglich und fortdauernd jeder selbstthätigen Bewegung entbehrender Gährungspilze liegt ein Fall vor, der der Annahme einer Einwanderung bestimmt widerspricht. Ich lege auf diesen Entwicklungsverlauf in Bezug auf die gestellte Frage besonderes Gewicht.

4. Die große Zahl der in demselben Mehlraume oft gleichzeitig auftretenden Organismen, die mitunter um das Tausendfache größer ist, als die Zahl der im gleich großen Raume der freien Flüssigkeit

befindlichen Gährungspilze. Eine so massenhafte Einwanderung würde ohne Wahrnehmungsvermögen und Geselligkeitssinn jener niedrigsten Wesen undenkbar sein. Die Thatsache, daß es zu jeder Zeit höchstens 4—5 Procent aller expandirten Mehlkörner sind, die sich gleichzeitig, dann aber zahlreich bevölkert zeigen, gibt diesem ein besonderes Gewicht.

5. Bei der verhältnißmäßig großen Dicke der Mehlwandung könnte eine Masseneinwanderung nicht so rasch vor sich gehen, daß sie sich der Beobachtung zu entziehen vermag. Man müßte zu irgend einer Zeit die Eindringlinge sehen, wenigstens im Raume zwischen Schlauch und innerer Wandungsgrenze, besonders in dem vorstehend erwähnten Falle einer Beimengung belebten Paranuß-Decocts. Selbst nur Andeutung eines Strebens der freien Vibrionen die Mehlwandung von Außen her zu durchdringen, habe ich nie gesehen, und es ist das um so auffallender, da die eingeschlossenen Vibrionen in einer auf die Wandfläche rechtwinklig gerichteten, sehr raschen Achsendrehung häufig ein erfolgloses Bestreben zu erkennen geben nach Außen hin sich einen Weg zu bahnen.

6. Fälle, in denen die Belebung des Mehlraumes der Belebung in der freien Flüssigkeit des Kleisters vorangeht, sind zwar selten, kommen aber doch vor. Eben so vielsagend sind solche Fälle, in denen der Mehlraum mit Bacterien und Vibrionen sich belebt, während in der freien Flüssigkeit entweder nur bewegungslose, einzellige Gährungspilze (Cryptococcus, Hormiscium etc.) oder Monaden sich bilden.

Verzeichniss der beigelegten Präparate.

Nr. 1. Jauche, dargestellt aus gekochten Kartoffeln und im Wasserbade abgedampft. Ein Milligramm in Wasser gelöst, genügt zur Infection mehrerer Gramme expandirten Stärkemehls. Auf der Objectplatte zeigt wässrige Jodlösung noch geringe Reste nicht zerfallenen Mehls. Zu Seite 648 und 649.

Nr. 2. Durch Pressen zwischen oft erneutem Fließpapier von Öl möglichst befreites Endosperm (Klebermehl) der Paranuß. Zu Seite 657.

Nr. 3. In Glasröhre eingeschmolzenes Kartoffelstück, nach dem Zuschmelzen der Glasröhre 2 Stunden lang in siedendem Chlorcalcium auf 180° C. erhitzt. 15 Monate alt. Zu Seite 652.

Th. Hartig über die Verjauchung todter organischer Stoffe.

Fig. 1.



Fig. 2.

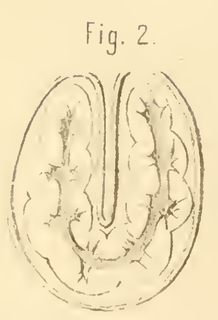
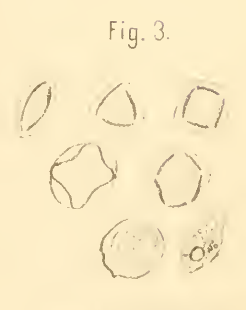


Fig. 3.



Nr. 4. Deßgl. vor vier Monaten eingeschmolzen.

N. 5. Unter Watteverschluß in Glasröhren auf 100—200° erhizte und darauf verjauchte Kartoffelstücke. Zu Seite 650.

Nr. 6. Deßgl. aus Stülpapparat. Seite 651.

Nr. 7. Aus der Digerirflasche. Seite 649.

Object - Tafeln.

Nr. 8. Jauchekörner aus der Kartoffel mit wenig Resten noch nicht völlig zersetzter Mehlsubstanz. Seite 652.

Nr. 9, 10. Entwickelungsfolge von Micrococcus durch Bacterium zu Vibrio unter selbstthätiger Bewegung.

Bei 60° C. expandirtes Stärkemehl der Kartoffelknolle mit Jauchezusatz angestellt nach vier Tagen. Zum Versuch Seite 653 und 654 und zu Fig. 1 der Abbildung.

Die Lage besonders instructiver Objecte ist durch Punkte auf der Außenseite des Deckglases angezeigt.

Die Mehlwände sind zum Theil schon gelöst und der Innenschlauch ist dadurch frei geworden. In solchen Schläuchen kommen selbstthätig bewegte Gährungsorganismen nie vor, sondern nur in solchen Körnern, in denen die Mehlwandung erhalten, der Schlauch ganz oder theilweise gelöst ist. Im frischen Präparat sind alle Organismen in lebhafter, selbst tumultuarischer Bewegung.

Nr. 11. Entwickelungsfolge von Micrococcus zu Leptothrix; ursprünglich und fortdauernd bewegungslos. Zu Seite 655. Unfern dem Zeichen am Rande lagern auch die an der doppelten Contour erkennbaren Sporen (?) von Myxomyceten. Die fertigen Exemplare zerfließen im Präparat.

Nr. 12. Sperma im März aus *Salmo Eperlanus* frisch und unverändert.

Nr. 13. Dasselbe Sperme 36 Stunden später nach der fast gleichzeitigen Umbildung aller Spermakörper zu Micrococcus und Bacterium. Zu Seite 646.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Der obere Theil zeigt den bei 60° C. noch nicht expandirten, der untere Theil den sackförmig erweiterten Theil der Mehlwandung des Stärkemehls der Kartoffel. In gleichem Maße wie die Mehlwand hat sich ein weiter, granulirter Schlauch expandirt und um etwas von der inneren Mehlwandgrenze zurückgezogen. In dem unbelebten Mehlkorne sind alle Theile des Schlauchs in gleicher Weise granulirt, wie solches die Abbildung bei *a* zeigt. Bei *b* sind die Hüllschichten dieser Elemente gelöst, die Centralkörper frei geworden. Letztere zeigen als Micrococcus eine ungemein lebhafte, wimmelnde, von Ruhe ungleicher Zeitdauer unterbrochene Bewegung. Bei *c* habe ich die Streckung der verblassenden Micrococcus-Körnchen zu Bacterium, bei *d* die Gliederung der Bacterien zu Vibrio angedeutet. Ein im Raume zwischen innerer Wandfläche und Schlauchhaut sich bewegender Myxomycet lagert bei *e*. Zu Seite 655.

Fig. 2. Gegliedertes Stärkemehl der Kartoffel zu Seite 654.

Fig. 3. Jugendliche Zustände des Kleister-Myxomycet, bis zur selbstthätig bewegten Form. Zu Seite 655.